

Электричество и магнетизм

Вопросы с ответами и комментариями

Дополнение к методическому пособию
«Электричество и магнетизм.
Сборник вопросов с ответами и комментариями».
И.Н.Горбатый. Москва 2011 г

Июнь, 2015 г

Закон Кулона. Напряженность электрического поля. Принцип суперпозиции

1. Неподвижные точечные заряды q_1 и q_2 находятся в вакууме. Вектор \vec{r} проведен от заряда q_1 к заряду q_2 . Сила \vec{F} , действующая на заряд q_2 со стороны q_1 , равна:

А)	$\vec{F} = \frac{q_1 q_2 \vec{r}}{4\pi\epsilon_0 r^3}$,	Б)	$\vec{F} = -\frac{q_1 q_2 \vec{r}}{4\pi\epsilon_0 r^3}$,	В)	$\vec{F} = \frac{ q_1 q_2 \vec{r}}{4\pi\epsilon_0 r^3}$,	Г)	$\vec{F} = \frac{ q_1 q_2 \vec{r}}{4\pi\epsilon_0 r^2}$.
----	----------------------------------------------------------	----	-----------------------------------------------------------	----	--------------------------------------------------------------	----	--------------------------------------------------------------

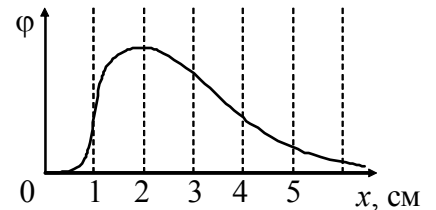
2. В точку A , расположенную вблизи неподвижного заряженного тела, поместили пробный заряд q_1 и измерили действующую на него силу \vec{F}_1 : $F_{1x} = 3$ мкН, $F_{1y} = 4$ мкН, $F_{1z} = 0$. Затем заряд q_1 убрали на большое расстояние, поместили в точку A другой пробный заряд q_2 и измерили проекцию действующей на него силы: $F_{2x} = -9$ мкН. Определите отношение q_2/q_1 .

Теорема Гаусса

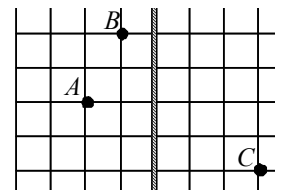
3. Точечный заряд q расположен в центре куба. Найдите поток вектора напряженности через одну грань куба.

Потенциал

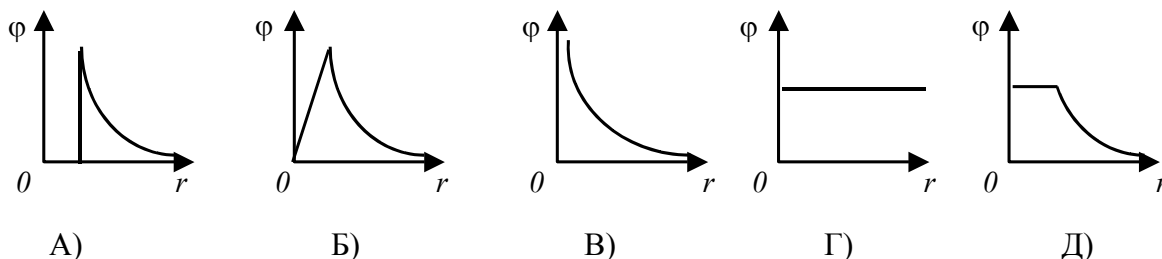
4. Точечные положительные заряды q и $2q$ расположены в вершинах A и B прямоугольного равнобедренного треугольника ABC (C - вершина прямого угла). Во сколько раз уменьшится потенциал электрического поля в точке C , если знак меньшего по величине заряда изменить на противоположный?
5. Два точечных заряда $+q$ и $-2q$ закреплены в точках с координатами $(a, 0, 0)$ и $(-a, 0, 0)$ соответственно. Определите работу A сил электрического поля, создаваемого этими зарядами, при перемещении точечного заряда $3q$ из бесконечности в начало координат.
6. В точках, лежащих на оси X , потенциал ϕ некоторого электростатического поля зависит от координаты x , как показано на рисунке. В какой точке проекция вектора напряженности на ось X максимальна по модулю?



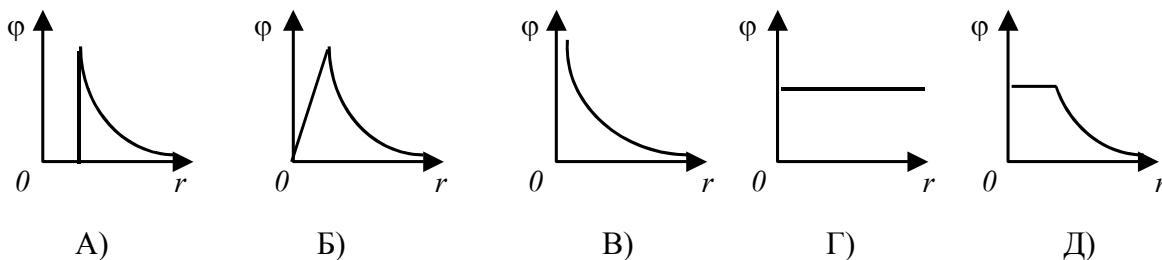
7. Точки A , B и C находятся вблизи равномерно заряженной плоскости (она показана на рисунке штриховкой). Известна разность потенциалов $\phi_A - \phi_B = 10$ В в точках A и B . Определите знак заряда плоскости и разность потенциалов $\phi_A - \phi_C$ в точках A и C .



8. На каком рисунке изображен график зависимости потенциала ϕ от расстояния r до центра однородно заряженного по поверхности шара?

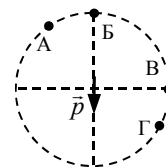


9. На каком рисунке изображен график зависимости потенциала φ от расстояния r до центра однородно заряженной по поверхности сферы?



Диполь

10. Точки А, Б, В и Г расположены на равных расстояниях от точечного диполя, как показано на рисунке. Расположите модули E_A , E_B , E_V и E_G векторов напряженности электрического поля в этих точках в порядке возрастания, начиная с наименьшего.



11. Два диполя расположены на оси X так, что их дипольные моменты направлены в положительном направлении оси X . В этом случае:

А)	диполи притягиваются друг к другу
Б)	диполи отталкиваются друг от друга
В)	сила взаимодействия диполей равна нулю

Проводники

12. Электростатическое поле внутри проводника равно нулю, если:

А)	суммарный заряд проводника равен нулю,
Б)	вблизи проводника отсутствуют другие заряды,
В)	заряд равномерно распределен по поверхности проводника,
Г)	во всех перечисленных выше случаях.

13. Два металлических шара радиусами R и $2R$ расположены на некотором расстоянии друг от друга. Заряд одного шара Q , другой шар не заряжен. После соединения шаров тонкой проволокой в установившемся состоянии станут равными:

А)	потенциалы шаров
Б)	заряды шаров
В)	поверхностные плотности зарядов на шарах
Г)	напряженности электрического поля вблизи каждого из шаров

14. На точечный заряд q , расположенный на расстоянии h от бесконечной проводящей плоскости, со стороны плоскости действует сила:

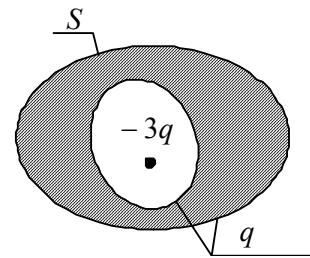
А)	$F = 0$	Б)	$F = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 h^2}$	В)	$F = \frac{q^2}{16\pi\epsilon_0 h^2}$	Г)	$F = \frac{q^2}{8\pi\epsilon_0 h^2}$
----	---------	----	--------------------------------------	----	---------------------------------------	----	--------------------------------------

15. В однородное электрическое поле \vec{E}_0 перпендикулярно силовым линиям внесли тонкую заряженную металлическую пластинку. При этом на поверхности пластины, в которую «входят» силовые линии, плотность заряда оказалась равной σ_1 . Поверхностная плотность заряда на другой поверхности пластины равна:

А)	$\sigma_1 - 2\epsilon_0 E_0$	Б)	$-\sigma_1 + 2\epsilon_0 E_0$	В)	$\sigma_1 + 2\epsilon_0 E_0$	Г)	$-\sigma_1 - 2\epsilon_0 E_0$
----	------------------------------	----	-------------------------------	----	------------------------------	----	-------------------------------

16. Полому проводнику сообщили заряд q , а внутрь полости поместили точечный заряд $(-3q)$ (см. рис.). Заряд на внешней поверхности S проводника равен:

А)	q ;
Б)	$-2q$;
В)	$+3q$;
Г)	Заряд зависит от положения заряда $-3q$ и формы полости.



Конденсаторы

17. Если радиус каждой обкладки сферического конденсатора увеличить в 2 раза, то емкость конденсатора:

А)	увеличится
Б)	уменьшится
В)	не изменится
Г)	может как увеличиться, так и уменьшиться в зависимости от радиуса внутренней обкладки

Энергия электрического поля

18. Расстояние между точечными зарядами q и $2q$ уменьшили в 2 раза, медленно перемещая заряды различными способами, как показано на рисунке. Если A_1 , A_2 , A_3 и A_4 – соответствующие работы внешних сил, то:

А) $A_1 = A_2 = A_3 = A_4$; Б) $A_1 > A_3$; В) $A_2 < A_4$.

Работа A_1	Работа A_2	Работа A_3	Работа A_4

19. В вершинах равностороннего треугольника со стороной a расположены точечные заряды $(-q)$, $(+2q)$ и $(+2q)$. Энергия взаимодействия этих зарядов равна:

А)	0	Б)	kq^2/a ,	В)	$4kq^2/a$	Г)	$2kq^2/a$
----	---	----	------------	----	-----------	----	-----------

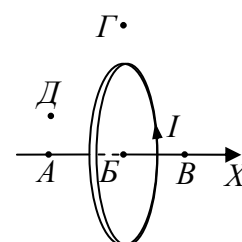
20. Во сколько раз увеличится объемная плотность энергии в каждой точке электрического поля, созданного неподвижным точечным зарядом q , если величину заряда увеличить в 2 раза?

А)	в 2 раза
Б)	в 4 раза
В)	в $\sqrt{2}$ раза
Г)	ответ зависит от положения точки

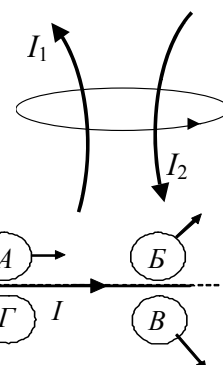
21. В вершинах равностороннего треугольника расположены точечные заряды $(-q)$, $(+2q)$ и Q . Энергия взаимодействия этих зарядов равна нулю. Определите отношение Q/q .

Магнитное поле

22. В круговом витке из тонкого провода протекает постоянный ток I , как показано на рисунке. Ось X перпендикулярна плоскости витка и проходит через его центр. Обозначенные на рисунке точки А, Б, В лежат на оси X , точки Б, Г – в плоскости витка. В каких (одной или нескольких) точках вектор индукции магнитного поля направлен в положительном направлении оси X ?

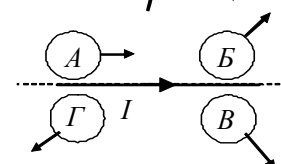


23. Циркуляция вектора магнитной индукции по контуру, охватывающему проводники с токами I_1 и I_2 (см. рис.), равна $8 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ Тл·м. Найдите величину тока I_2 , если $I_1 = 10$ А. Магнитная постоянная $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м.



Электромагнитная индукция

24. На рисунке изображен длинный прямой проводник с током I и четыре проволочные рамки, которые перемещают в указанных на рисунке направлениях. В каких рамках ток течет по часовой стрелке?



Энергия магнитного поля

25. Укажите ошибочное утверждение: Магнитная энергия W неподвижного замкнутого контура из тонкого провода, по которому течет ток I :

А)	не зависит от геометрических размеров и формы контура;
Б)	равна разности работы сторонних сил $A_{\text{стор}}$ по созданию тока I в контуре и количества теплоты Q , которое выделилось при этом в контуре: $W = A_{\text{стор}} - Q$;
В)	определяется формулой $W = LI^2 / 2$, где L – индуктивность контура;
Г)	не зависит от способа наращивания тока в контуре.

26. За некоторое время после подключения катушки индуктивностью L к источнику ЭДС источник совершил работу A , а ток в цепи стал равным I . Какое количество теплоты Q выделилось в цепи?

А)	$Q = A + \frac{LI^2}{2}$,	Б)	$Q = A - \frac{LI^2}{2}$,	В)	$Q = \frac{LI^2}{2} - A$,	Г)	$Q = A$.
----	----------------------------	----	----------------------------	----	----------------------------	----	-----------

Переменный ток

27. Конденсатор подключили к генератору синусоидального напряжения постоянной амплитуды. С ростом частоты амплитуда тока через конденсатор:

А)	увеличивается,
Б)	уменьшается,
В)	не изменяется,
Г)	может как увеличиваться, так и уменьшаться,
Д)	равна нулю.

28. Катушку подключили к генератору синусоидального напряжения постоянной амплитуды. С ростом частоты амплитуда тока через катушку:

А)	увеличивается,
Б)	уменьшается,
В)	не изменяется,
Г)	может как увеличиваться, так и уменьшаться в зависимости от сопротивления и индуктивности катушки.

Уравнения Максвелла

29. Ротор вектора напряженности электрического поля равен нулю в том и только в том случае, если в данной точке:

А)	магнитное поле не зависит от времени;
Б)	отсутствуют токи проводимости;
В)	объемная плотность заряда равна нулю;
Г)	во всех случаях.

Электромагнитные волны

30. В вакууме распространяется плоская монохроматическая электромагнитная волна. Периодическими функциями времени в фиксированной точке пространства являются величины:

А)	напряженность электрического поля,
Б)	объемная плотность энергии,
В)	амплитуда колебаний индукции магнитного поля,
Г)	фаза колебаний вектора напряженности.

31. В вакууме распространяется плоская электромагнитная волна, уравнения которой имеют вид: $\vec{E}(\vec{r}, t) = \vec{E}_m \cos(\omega t - \vec{k}\vec{r})$, $\vec{B}(\vec{r}, t) = \vec{B}_m \cos(\omega t - \vec{k}\vec{r})$. Если $\vec{B}_m = (0, B_m, 0)$, $\vec{k} = (0, 0, k)$, то (c – скорость света в вакууме):

А)	$E_m = (0, 0, -B_m c)$
Б)	$E_m = (cB_m, 0, 0)$
В)	$E_m = (0, cB_m, 0)$
Г)	$E_m = (-B_m c, 0, 0)$

Поляризация

32. Пучок естественного света проходит через два идеальных поляризатора. Интенсивность естественного света равна I_0 , угол между плоскостями пропускания поляриза-

торов равен φ . Согласно закону Малюса, интенсивность света после второго поляризатора равна:

А) $I = I_0 / 2$, Б) $I = I_0$, В) $I = I_0 \cos^2 \varphi$, Г) $I = (I_0 / 2) \cos^2 \varphi$

Интерференция

33. Расстояние между темными полосами на экране в опыте Юнга равно 2 мм. Эксперимент проводился с источником фиолетового света. Фиолетовый источник заменили источником красного света, длина волны которого в 1,5 раза больше. Расстояние между темными полосами стало равным:

А) 2,5 мм; Б) 4 мм; В) 6 мм; Г) 1,33 мм; Д) 3 мм

34. Как изменится ширина интерференционных полос в опыте Юнга, если одновременно уменьшить в 2 раза расстояние между щелями и увеличить в 2 раза расстояние до экрана?

А) не изменится; Б) увеличится в 2 раза;
В) увеличится в 4 раза; Г) уменьшится в 4 раза.

35. Как изменится ширина интерференционных полос в опыте Юнга, если одну из щелей перекрыть тонкой стеклянной пластинкой?

А) не изменится, Б) увеличится,
В) уменьшится, Г) ответ зависит от толщины пластинки.

36. Светлые кольца Ньютона в отраженном свете возникают там, где толщина воздушного зазора d между сферической поверхностью линзы и плоскопараллельной стеклянной пластинкой равна:



А) $d = (m\lambda + \lambda/2)/2$, Б) $d = m\lambda/2$, В) $d = (m\lambda + \lambda/2)$, Г) $d = m\lambda$

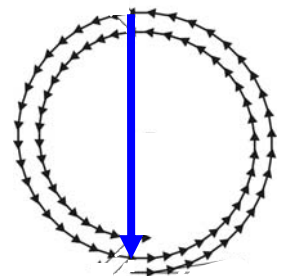
Дифракция

37. Поставим на пути плоской световой волны интенсивности I_0 непрозрачный экран с круглым отверстием. Точка наблюдения M находится на оси отверстия. Когда отверстие открывает **нечетное число** зон Френеля, то интенсивность I в точке M :

А) $I = I_0$; Б) $I = 4I_0$; В) $I = 2I_0$; Г) $I = 0$ Д) $I = \sqrt{2I_0}$;

38. Показанная на рисунке векторная диаграмма построена для случая, когда:

А) открыта первая зона Френеля;
Б) открыта вторая зона Френеля;
В) открыты первая и вторая зоны Френеля;
Г) открыта третья зона Френеля;
Д) открыты первая, вторая и третья зоны Френеля.



39. Какое из перечисленных ниже явлений не имеет места при прохождении света через дифракционную решетку:
- А) разложение белого света в спектр
 - Б) изменение частоты световой волны
 - В) изменение направления распространения световых волн
 - Г) пространственное перераспределение энергии световой волны
40. Если увеличить ширину светового пучка, падающего нормально на дифракционную решетку, то дифракционные максимумы (выбрать 2 пункта):
- А) станут более узкими
 - Б) станут более широкими
 - В) их ширина не изменится
 - Г) сместятся к центру дифракционной картины
 - Д) сместятся от центра дифракционной картины
 - Е) не сместятся
41. При прохождении через решетку белого света все максимумы, кроме центрального, разлагаются в спектр. Ближе к центральному максимуму расположена:
- А) фиолетовая часть (линия) спектра;
 - Б) красная часть (линия) спектра;
 - В) зеленая часть (линия) спектра.

Ответы и комментарии

1. Ответ: А. $\vec{F} = \frac{q_1 q_2 \vec{r}}{4\pi\epsilon_0 r^3}$ - так записывается закон Кулона в векторном виде. Из формулы следует, что если заряды одноименные, то $q_1 q_2 > 0$ и вектор силы направлен так же как вектор \vec{r} , то есть заряды отталкиваются. Если заряды разноименные ($q_1 q_2 < 0$), то сила \vec{F} направлена против вектора \vec{r} и имеет место притяжение зарядов.

2. Ответ: -3. Силы, действующие на заряды q_1 и q_2 , помещенные в точку A , равны: $\vec{F}_1 = q_1 \vec{E}$, $\vec{F}_2 = q_2 \vec{E}$, где \vec{E} - вектор напряженности в точке A . Следовательно, $F_{1x} = q_1 E_x$, $F_{2x} = q_2 E_x$ и $q_2 / q_1 = F_{2x} / F_{1x} = -3$.

3. Ответ: $q / 6\epsilon_0$. По теореме Гаусса поток вектора напряженности через все 6 граней куба (образующих замкнутую поверхность) равен заряду внутри куба, деленному на ϵ_0 . В силу симметрии поток через одну грань куба в 6 раз меньше.

4. Ответ: 3. Обозначим длину катета треугольника a . Тогда потенциал в точке C поля, созданного двумя зарядами равен

$$\varphi_1 = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 a} + \frac{2q}{4\pi\epsilon_0 a} = \frac{3q}{4\pi\epsilon_0 a}.$$

Если знак меньшего по величине заряда изменить на противоположный, то потенциал в точке C станет равным

$$\varphi_2 = \frac{-q}{4\pi\epsilon_0 a} + \frac{2q}{4\pi\epsilon_0 a} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 a} = \frac{\varphi_1}{3}.$$

5. Ответ: $A = \frac{3q^2}{4\pi\epsilon_0 a}$. По определению разности потенциалов:

$$A = 3q(\varphi_1 - \varphi_2),$$

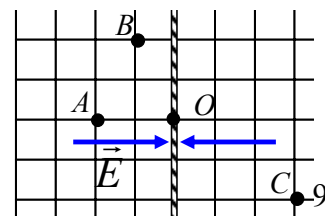
где $\varphi_1 = 0$ - потенциал в начальной (бесконечно удаленной) точке,

$$\varphi_2 = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 a} - \frac{2q}{4\pi\epsilon_0 a} = -\frac{q}{4\pi\epsilon_0 a}$$

- потенциал в начале координат. Следовательно, $A = \frac{3q^2}{4\pi\epsilon_0 a}$.

6. Ответ: $x = 1$ см. Воспользуемся соотношением $\vec{E} = -\text{grad } \varphi$, из которого, в частности, следует $E_x = -\frac{\partial \varphi}{\partial x}$. Из графика видно, что производная $\frac{\partial \varphi}{\partial x}$ максимальна в точке $x = 1$ см. Следовательно, в этой точке проекция вектора напряженности на ось X максимальна по модулю.

7. Ответ: -10 В. Из выражения $\vec{E} = -\text{grad } \varphi$ следует, что вектор напряженности направлен в сторону убывания потенциала.



Поскольку $\varphi_A > \varphi_B$, то слева от плоскости (см. рис.) вектор напряженности направлен вправо. Следовательно, плоскость заряжена отрицательно. Обозначим φ_0 - потенциал точки O , расположенной на самой плоскости. Тогда:

$$\varphi_A - \varphi_C = (\varphi_A - \varphi_0) + (\varphi_0 - \varphi_C).$$

Пусть длина стороны масштабной клетки на рисунке равна a . Учитывая, что справа от плоскости вектор напряженности направлен влево, запишем:

$$\varphi_A - \varphi_B = Ea, \quad \varphi_A - \varphi_0 = 2Ea, \quad \varphi_0 - \varphi_C = -3Ea.$$

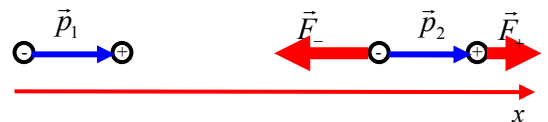
Отсюда следует, что $\varphi_A - \varphi_C = -Ea = -10 \text{ В}$.

8. Ответ: Д. Внутри однородно заряженного по поверхности шара напряженность поля \vec{E} равна нулю. Поскольку $\vec{E} = -\text{grad } \varphi$, то $\varphi = \text{const}$. Вне шара потенциал такой же, как в поле точечного заряда, помещенного в центр шара: $\varphi = kQ/r$.

9. Ответ: Д. Внутри однородно заряженной по поверхности сферы напряженность поля \vec{E} равна нулю. Поскольку $\vec{E} = -\text{grad } \varphi$, то $\varphi = \text{const}$. Вне сферы потенциал такой же, как в поле точечного заряда, помещенного в центр сферы: $\varphi = kQ/r$.

10. Ответ: E_B, E_Γ, E_A, E_B . Модуль вектора напряженности электрического поля неподвижного точечного диполя с моментом \vec{p} в точке, положение которой относительно диполя определяется вектором \vec{r} , равен: $|\vec{E}| = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|\vec{p}|}{r^3} \sqrt{1 + 3\cos^2 \theta}$, где θ - угол между векторами \vec{p} и \vec{r} . Из этой формулы следует, что величина поля максимальна при $\theta = 0$ и $\theta = \pi$, а минимальна при $\theta = \pi/2$ (если расстояние r остается неизменным).

11. Ответ: А. Диполь с моментом \vec{p}_1 создает в области, где расположен диполь \vec{p}_2 , поле, вектор \vec{E} которого направлен вдоль оси x . Это поле убывает с увеличением расстояния до первого диполя, поэтому сила притяжения, действующая на отрицательный заряд второго диполя несколько больше силы отталкивания, действующей на положительный заряд второго диполя.



12. Ответ: Г. В противном случае свободные заряды в проводнике не были бы в покое.

13. Ответ: А. Так как напряженность поля в проводнике равна нулю, то и разность потенциалов для двух любых точек проводника равна нулю. Два шара, соединенные проволокой, можно рассматривать как один проводник с одним и тем же потенциалом всех его точек.

14. Ответ: В. На проводящей плоскости индуцируются заряды, знак которых противоположен знаку заряда q . Можно показать, что индуцированные заряды создают в полупространстве, где расположен заряд q , такое же электрическое поле, как точечный заряд $(-q)$, расположенный зеркально симметрично заряду q относительно прово-

дующей плоскости. Поэтому сила, действующая на заряд q со стороны индуцированных на плоскости зарядов, равна $F = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0(2h)^2}$.

15. Ответ: В. Рассмотрим произвольную точку A внутри проводника (см. рис.). Поле в этой точке складывается из внешнего поля \vec{E}_0 и полей поверхностных зарядов σ_1 и σ_2 :

$$\vec{E}_{\text{в проводнике}} = \vec{E}_0 + \vec{E}_1 + \vec{E}_2.$$

Изобразим на рисунке векторы напряженности \vec{E}_0 , \vec{E}_1 и \vec{E}_2 , предполагая, что $\sigma_1 > 0$ и $\sigma_2 > 0$. Учитывая, что напряженность поля в проводнике равна нулю, запишем для проекций векторов напряженности на ось x :

$$0 = E_0 + E_1 - E_2.$$

Поля \vec{E}_1 и \vec{E}_2 созданы бесконечными однородно заряженными плоскостями, следовательно

$$E_1 = \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0}, \quad E_2 = \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0}.$$

После простых преобразований получим

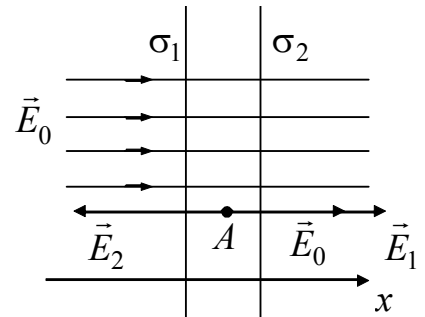
$$\sigma_2 = \sigma_1 + 2\epsilon_0 E_0.$$

Если знак поверхностных зарядов не известен (как в данном случае), всегда можно изображать на рисунке векторы \vec{E}_1 , \vec{E}_2 , предполагая, что σ_1 и σ_2 положительны. Нетрудно показать, что полученные формулы будут справедливы и для произвольных знаков σ_1 и σ_2 .

16. Ответ: Б. Заряд может располагаться только на поверхности проводника. Заряд на внутренней поверхности (на поверхности полости) найдем при помощи теоремы Гаусса. Выбираем замкнутую поверхность, охватывающую полость и целиком расположенную в проводнике. Поскольку напряженность поля в проводнике равна нулю, то и поток вектора напряженности через выбранную поверхность равен нулю. По теореме Гаусса этот поток равен алгебраической сумме зарядов, попавших внутрь поверхности, деленной на ϵ_0 . Следовательно, заряд на поверхности полости равен $+3q$. Так как суммарный заряд проводника равен q , то на внешней его поверхности располагается заряд $-2q$.

17. Ответ: А. Пусть заряд внутренней сферы радиуса a равен q , а заряд внешней сферы равен $(-q)$. Тогда потенциал внутренней сферы $\varphi_1 = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 a} - \frac{q}{4\pi\epsilon_0 b}$. А потенциал внешней сферы $\varphi_2 = 0$. Емкость конденсатора $C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} = \frac{4\pi\epsilon_0}{(1/a - 1/b)}$. Из этой формулы следует, что при увеличении радиуса каждой обкладки в 2 раза, емкость конденсатора увеличится в 2 раза.

18. Ответ: А. Работа внешних сил $A = W_2 - W_1$, где W_1 и W_2 - начальная и конечная электрические энергии системы. Эти энергии зависят только от конфигурации системы, но не от способа, которым система построена.



19. Ответ: А. Вычисляем энергию взаимодействия, как сумму всех попарных взаимодействий:

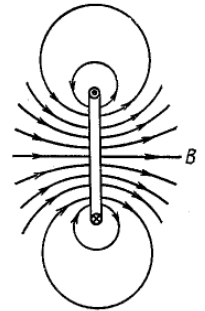
$$W = \frac{k(-q)(2q)}{a} + \frac{k(-q)(2q)}{a} + \frac{k(2q)(2q)}{a} = 0.$$

20. Ответ: Б. Объемная плотность энергии определяется формулой $w = \frac{\epsilon\epsilon_0 E^2}{2}$, а напряженность поля неподвижного точечного заряда $E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$. Из этих формул следует ответ.

21. Ответ: Q/q = 2. Энергия взаимодействия зарядов определяется формулой:

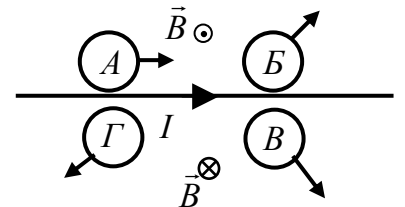
$W = \frac{k(-q)Q}{a} + \frac{k(-q)(2q)}{a} + \frac{k(2q)Q}{a}$, где a - сторона треугольника. Приравнивая энергию нулю, получим $Q/q = 2$.

22. Ответ: А,Б,В. Направление магнитного поля на оси витка (в точках А, Б, В) совпадает с направлением оси X. Это следует из закона Био-Савара (правило буравчика также приводит к этому выводу). Магнитные линии кругового тока замкнутые и имеют вид, изображенный на рисунке.



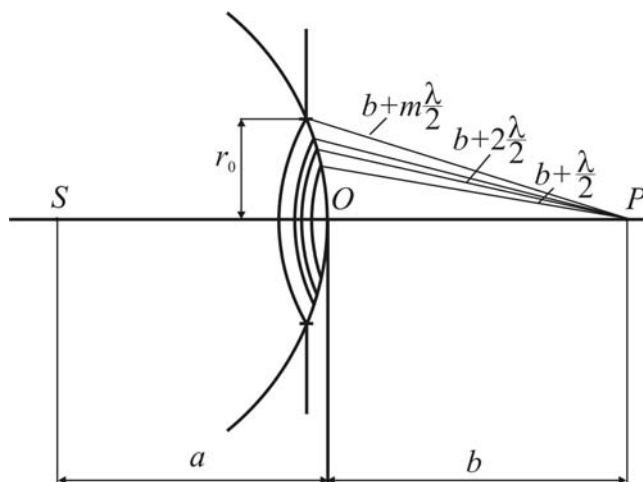
23. Ответ: 8 А. Показанное на рисунке направление обхода контура определяет (по правилу винта) направление нормали к поверхности, ограниченной контуром. Поэтому в формуле $\oint_L \vec{B} d\vec{l} = \mu_0(I_1 - I_2)$, выражающей теорему о циркуляции, слагаемое I_1 стоит с плюсом, а I_2 с минусом. Учитывая, что по условию $\oint_L \vec{B} d\vec{l} = 8\pi \cdot 10^{-7}$ Тл·м, получим ответ.

24. Ответ: В,Г. На рисунке указано направление вектора индукции магнитного поля прямого провода с током. Величина индукции B уменьшается с увеличением расстояния от провода. Поэтому величина магнитного потока через проволочные рамки Б, В и Г при их движении уменьшается. По закону электромагнитной индукции в этих рамках возникают ЭДС и ток индукции. По правилу Ленца индукционный ток должен препятствовать изменению магнитного потока через рамку. Если предположить, что индукционный ток течет в рамках по часовой стрелке, то созданное им магнитное поле направлено «от нас» в плоскость чертежа. В рамках В и Г это магнитное поле в согласии с правилом Ленца препятствует уменьшению магнитного потока через рамки при их движении, а в рамке Б, напротив, еще больше уменьшает магнитный поток, что противоречит правилу Ленца. Магнитный поток через рамку А при ее движении не изменяется и индукционный ток не возбуждается.



25. Ответ: А. Магнитная энергия не зависит от способа наращивания тока и определяется формулой $W = LI^2 / 2$, где L - индуктивность, зависящая от геометрических размеров и формы контура. Из закона сохранения энергии следует, что $A_{\text{стор}} = W + Q$.
26. Ответ: Б. По закону сохранения энергии $A = Q + \frac{LI^2}{2}$.
27. Ответ: А. По закону Ома для цепей переменного тока амплитуда тока через конденсатор равна $I_m = U_m / X_C$, где U_m - амплитуда напряжения, а $X_C = 1 / \omega C$ - емкостное сопротивление. С ростом частоты ω сопротивление уменьшается, а ток I_m растет.
28. Ответ: Б. По закону Ома для цепей переменного тока амплитуда тока через катушку равна $I_m = U_m / X_L$, где U_m - амплитуда напряжения, а $X_L = \omega L$ - индуктивное сопротивление. С ростом частоты ω сопротивление возрастает, а ток I_m уменьшается.
29. Ответ: А. Ответ следует из уравнения Максвелла $\text{rot} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$.
30. Ответ: А,Б. В плоской электромагнитной волне вектора напряженности электрического поля и индукции магнитного поля определяются формулами $\vec{E} = \vec{E}_m \cos(\omega t - kx + \alpha)$, $\vec{B} = \vec{B}_m \cos(\omega t - kx + \alpha)$, объемная плотность энергии равна $w = \epsilon \epsilon_0 E^2 / 2 + B^2 / 2\mu\mu_0$, а фаза колебаний $\varphi = \omega t - kx + \alpha$. Из этих формул следует ответ.
31. Ответ: Б. В плоской электромагнитной волне $E_m = \nu B_m = cB_m$. Следует также учесть, что векторы \vec{k} , \vec{E} , \vec{B} образуют правую тройку, то есть расположены в пространстве так же как и орты декартовой системы координат \vec{e}_x , \vec{e}_y , \vec{e}_z . Для ответа на вопрос можно также воспользоваться формулой: $\vec{E} = \left[\vec{B}, c \frac{\vec{k}}{k} \right]$.
32. Ответ: Г. После прохождения естественного света через первый поляризатор свет становится плоскополяризованным, а его интенсивность становится равной $I_0 / 2$. После прохождения плоскополяризованного света через второй поляризатор по закону Малюса его интенсивность становится равной $I = (I_0 / 2) \cos^2 \varphi$.
33. Ответ: Д. Ширина интерференционной полосы в опыте Юнга определяется формулой $\Delta x = L\lambda / d$, где L - расстояние от источников до экрана, λ - длина волны, d - расстояние между источниками. Поэтому $\Delta x_2 = \Delta x_1 (\lambda_2 / \lambda_1)$.
34. Ответ: В. Ответ следует из формулы для ширины интерференционной полосы в опыте Юнга: $\Delta x = L\lambda / d$, где L - расстояние от источников до экрана, λ - длина волны, d - расстояние между источниками.

35. Ответ: А. Ширина интерференционной полосы в опыте Юнга определяется формулой $\Delta x = L\lambda / d$, где L - расстояние от источников до экрана, λ - длина волны, d - расстояние между источниками. От толщины стеклянной пластинки ширина полосы не зависит. Наличие стеклянной пластинки приведет лишь к сдвигу интерференционной картины.
36. Ответ: А. оптическая разность хода интерферирующих лучей равна $2d$. Учитывая, что при отражении на границе «воздух-стекло» происходит изменение фазы на π , запишем условие интерференционного максимума: $2d = \lambda / 2 + m\lambda$.
37. Ответ: Б. Из диаграммы Френеля следует, что амплитуда светового вектора увеличится в 2 раза, следовательно, интенсивность увеличится в 4 раза. На рис. показан случай, когда открыто 3 зоны Френеля.
38. Ответ: Б. Просуммированы амплитуды колебаний от всех вторичных источников, расположенных в пределах второй зоны Френеля.



39. Ответ: Б. Изменение частоты световой волны не происходит: если в падающей на решетку световой волне отсутствует спектральная составляющая с некоторой длиной волны, то этой составляющей не будет и в дифрагированной волне.
40. Ответ: А, Е. При увеличении ширины светового пучка увеличится число освещенных щелей N . Это приведет к сужению максимумов. Положение максимумов от N не зависит ($d \sin \theta = m\lambda$).
41. Ответ: А. Длина волны фиолетовой части спектра меньше, чем зеленой и красной. В соответствии с формулой $d \sin \theta = m\lambda$ угол дифракции θ минимален при минимальной длине волны.